

V-237

シリカフュームを用いたコンクリートの水中疲労強度について

室蘭工業大学 学生員 渡辺洋一

室蘭工業大学 正 員 尾崎 訓

室蘭工業大学 正 員 菅田紀之

1. まえがき

大気中と比較して水中でコンクリートの疲労強度が著しく低下することは近年明らかにされているが、それを改善するための有効な手段は未だ解決されていないため、水中または湿潤環境下で繰返し荷重を受けるコンクリート系構造物は極めて過酷な状況にあると思われる。本研究は水中疲労強度改善の試みの一環としてシリカフューム置換コンクリートと SECコンクリートに着目し、シリカフュームでセメント量の20%を置換したコンクリートとシリカフュームを20%置換し、さらに SEC工法を併用したコンクリートを用いて水中圧縮疲労試験を行い、文献1)、2)で示した各種コンクリートの疲労強度と比較することによってシリカフュームの置換率の違いによる 200万回疲労強度の差およびシリカフュームと SEC工法を併用したコンクリートの水中疲労強度改善効果を明らかにすることを目的とするものである。また疲労試験水槽内のpHと供試体の歪を測定することにより、水中におけるコンクリートの疲労性状についての検討も行った。

2. 実験概要

実験に用いたシリカフュームはフェロシリコンダスト、セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は碎石、細骨材は海砂を使用した。コンクリートは表-1に示した配合、練混ぜによる4バッチを用いた。

すべてのバッチでシリカフュームをセメント量の20%置換し、さらにバッチ3および4ではSEC工法を併用した。SEC工法は一次水結合材比が20%になるように配合し、AE剤と減水剤はバッチ3では一次水に、バッチ4では一次水、二次水の両方に加えた。

供試体はφ10×20cmの円柱供試体を使用し、4ヶ月間水中養生をした後疲労試験を行った。材令4ヶ月で湿潤な状態で試験した静的基準強度を表-2に示す。疲労試験は繰返し荷重を正弦波、載荷速度を10Hz、下限応力比 S_2 を3%前後に統一して水中圧縮疲労試験を行った。疲労試験水槽内のpHの変化と供試体の歪の測定にはそれぞれpHメータとデータレコーダを用いて適当な繰返し回数時に随時測定した。

3. 実験結果、考察

P-N線図を利用して各上限応力比 S_1 に対する生存確率50%の繰返し回数を求め、それらを各種コンクリートについてS-N線図上で直線回帰したものが図-1および表-3に示すS-N線図とその回帰式、および 200万回疲労強度である。今普通コンクリートの 200万回疲労強度57%を基準に考えると、水中における普通コンクリートの 200万回疲労強度との差が24%あるのに対し、シリカフューム20%置換コンクリート、シリカフューム20%置換SECコンクリートではその差が11%、10%となっており、普通コンクリートと比較して水中における疲労強度の低下が半分以下になっている。またシリカフューム10%置換コンクリートと比較しても

表-1 コンクリートの配合

バッチ	粗骨材 の最大 寸法(mm)	水結合材 比W/(C+ Sf) (%)	細骨材 率a/a (%)	単位量 (kg/m ³)								測定値		練混ぜ 方法
				水 W	セメント C	シリカフューム Sf	細骨材 S	粗骨材 G	AE剤 (cc)	減水剤 (g)	25℃ 空気量 (cm ³)	25℃ 空気量 (%)		
1	20	50	42	170	272	68	752	1034	135	1700	10.5	5.5	普通	
2	20	50	42	185	264	66	781	1048	99	1650	11.4	4.4	普通	
3	20	50	42	145	232	58	799	1100	150	1500	10.5	3.0	SEC	
4	20	50	42	145	232	58	799	1100	150	1500	7.1	4.7	SEC	

表-2 静的基準強度(材令4ヶ月)

バッチ	各種コンクリート	静的基準強度(kg/cm ²)
1	シリカフューム20%置換コンクリート	534
2	シリカフューム20%置換コンクリート	535
3	シリカフューム20%置換SECコンクリート	491
4	シリカフューム20%置換SECコンクリート	508

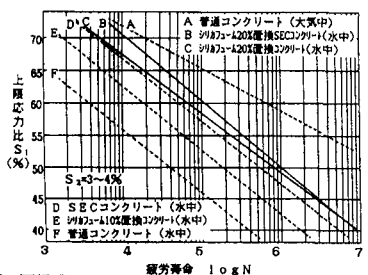


図-1 各種コンクリートのS-N線図

表-3 各種コンクリートのS-N線図の回帰式

	回帰式 (S-N LINE)	下限応力比 S_2 (%)	200万回疲労強度(%)
A 普通コンクリート (大気中) ²⁾	$S_1 = 0.985 - 0.068 \log N$	4	57
B シリカフューム20%置換コンクリート (水中)	$S_1 = 1.127 - 0.105 \log N$	3	47
C シリカフューム20%置換コンクリート (水中)	$S_1 = 1.046 - 0.093 \log N$	3.5	46
D SECコンクリート (水中) ¹⁾	$S_1 = 1.062 - 0.098 \log N$	3	44
E シリカフューム10%置換コンクリート (水中) ¹⁾	$S_1 = 1.028 - 0.100 \log N$	3	40
F 普通コンクリート (水中) ²⁾	$S_1 = 0.960 - 0.100 \log N$	4	33

疲労強度が増大しているが、シリカフューム20%置換コンクリート、シリカフューム20%置換SECコンクリート、およびSECコンクリートの間には200万回疲労強度に顕著な差は見られなかった。

次に疲労試験水槽内のpHの変化では、シリカフュームで置換した結果、水酸化カルシウム溶出に伴うpHの上昇が少なくなっており、シリカフュームのボゾラン反応による水酸化カルシウム量の減少に加えて、コンクリートの密実度の増大による影響が表れている。

体積歪の変化は普通コンクリートの場合、大気中と水中でその挙動が違い、特に水中では破壊時に急激な立上りを見せている。今回行ったシリカフューム20%置換SECコンクリートの水中疲労も疲労寿命が伸びたにもかかわらず、破壊時付近では急激な増大を示しており、特に供試体の損傷の著しい破壊時付近で微小クラックに吸収された水のクサビ作用によって急速な破壊が起きた結果と思われる。

次に、シリカフューム20%置換SECコンクリートの初回のヒステリシスループに対する各ヒステリシスループの面積比 A_n/A_1 は繰返し回数の初期では普通コンクリートの大気中と類似しているが、破壊時にはむしろ普通コンクリートの水中に近い急激な上昇が見られる。ヒステリシスループの面積がひび割れ量に比例するとすれば、繰返し回数の初期ではひび割れの発生が抑制されたが、破壊時には水のクサビ作用の影響が顕著になり急激な破壊が起こっている。

4. 結論

修正グッドマン線図を利用して完全片振りに換算した各種コンクリートの200万回疲労強度は普通コンクリートの場合大気中で55%、水中で30%であったのに対し、水中でもシリカフューム10%置換コンクリートで39%、SECコンクリートで43%に改善されていたが今回、効果の程度は少なかったがさらにシリカフューム20%置換コンクリートで44%、シリカフューム20%置換SECコンクリートで46%に改善された。また特にシリカフューム20%置換SECコンクリートでは、シリカフュームの置換率と一次水結合材比の最適な値を選択する事によってさらに水中疲労強度を改善することが可能と思われる。

参 考 文 献

- 1) 鈴木、尾崎：水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度の改善について、土木学会第40回年次学術講演会、昭和60年9月
- 2) 尾崎、志村：水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度、土木学会第35回年次学術講演会、昭和55年10月

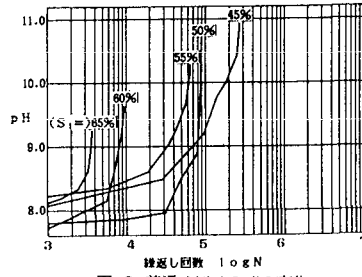


図-2 普通コンクリートのpHの変化

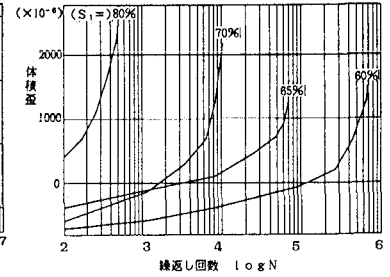


図-4 普通コンクリート大気中の体積歪の変化

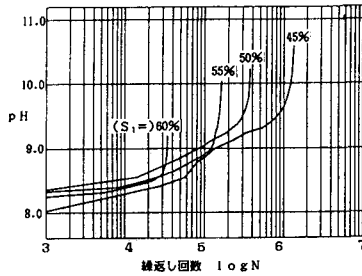


図-3 シリカフューム20%置換SECコンクリートのpHの変化

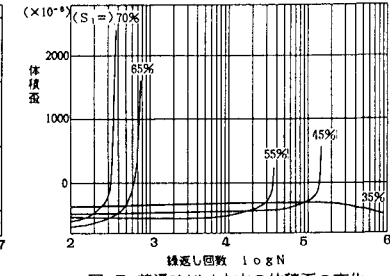


図-5 普通コンクリート水中の体積歪の変化

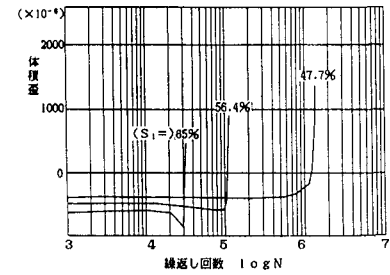


図-6 シリカフューム20%置換SECコンクリートの体積歪の変化

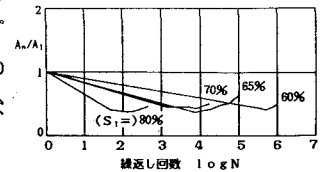


図-7 普通コンクリート大気中のヒステリシスループの面積比

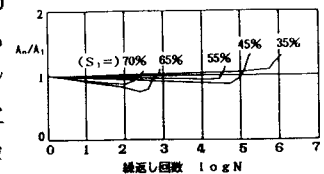


図-8 普通コンクリート水中のヒステリシスループの面積比

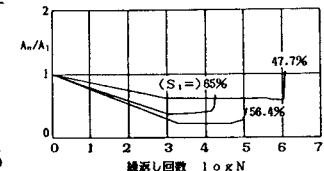


図-9 シリカフューム20%置換SECコンクリートのヒステリシスループの面積比